

Pendeteksi Nominal Uang Kertas bagi Penyandang Tunanetra Menggunakan *Neural Network*

Lilis Kurniawati , Sumantri K. Risandriya, dan Heru Wijanarko *

Program Studi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam,
Batam, Indonesia

*Email: wijanarko@polibatam.ac.id

Abstrak— Uang merupakan alat transaksi yang digunakan oleh sebagian besar masyarakat dunia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Bagi sebagian orang, melakukan kegiatan jual beli dengan menggunakan uang sangatlah mudah. Namun tidak dapat dipungkiri bahwa ada sebagian kecil dari masyarakat yang mempunyai kekurangan dalam penglihatan. Kekurangan dalam penglihatan membuat penderitanya lebih mengandalkan indra pendengaran dan perasa, sehingga penyandang Tunanetra mengalami kesulitan dalam mengenali uang. Tulisan ini membahas tentang alat bantu bagi Tunanetra yang dapat membedakan uang kertas berdasarkan warna RGB dengan menggunakan sensor TCS3200 dan memanfaatkan *neural network* sebagai pola pengenalan dan pembelajaran warna. Dari uji coba, nilai optimum untuk pembelajaran dengan nilai *error* terkecil yaitu nilai *learning rate* 0.8 dan jumlah *node* masing-masing pada *hidden layer* 1 dan *hidden layer* 2 sebanyak 5 *node*. Hasil yang diperoleh adalah alat yang dapat digunakan Tunanetra dalam membedakan uang kertas, dengan tingkat keberhasilan 100% untuk uang Rp 20.000 dan Rp 100.000, 93% untuk uang Rp 50.000.

Kata Kunci: Uang kertas, Tunanetra, sensor TCS3200, *Neural Network*

I. PENDAHULUAN

UANG merupakan alat pembayaran barang dan jasa yang sering digunakan untuk kegiatan jual beli. Bagi sebagian orang, melakukan kegiatan jual beli dengan menggunakan uang sangatlah mudah, karena memiliki indera penglihatan yang bagus. Berbeda dengan penyandang Tunanetra mengalami sedikit kesulitan saat melakukan transaksi dengan uang kertas, walaupun Bank Indonesia sebagai penerbit uang di Indonesia mengklaim bahwa uang kertas yang beredar sudah “Ramah” untuk Tunanetra [1]. Namun, masih saja terdapat kasus penipuan yang memanfaatkan kelemahan penyandang Tunanetra dalam mengidentifikasi uang [2] [3].

Penyandang Tunanetra membedakan nominal uang kertas yang dimiliki dengan mengurutkan dari yang paling besar sampai terkecil. Selain itu, penyandang Tunanetra juga

membuat lipatan yang berbeda, misalkan uang Rp 100.000 dilipat menjadi dua bagian, uang Rp 50.000 dilipat sampai membentuk segitiga.

Pada penelitian sebelumnya, pengidentifikasian nominal uang kertas menggunakan teknik membaca citra digital dan algoritma Levenberg Marquardt untuk mengenali nilai nominal uang kertas tersebut. Tingkat keberhasilan mengidentifikasi uang kertas hanya mencapai 50% untuk uang Rp 10.000 dan Rp 100.000 [4]. Kemudian penelitian mengenali uang kertas dengan menggunakan sensor TCS3200, dimana keberhasilan pembacaan frekuensi masih berpengaruh dari gradasi dan baik buruknya kondisi fisik uang kertas. Pendeteksian dilakukan untuk semua uang kertas Bank RI, dengan tingkat keberhasilan pendeteksian 60% untuk uang Rp 100.000, 75% untuk uang Rp 50.000, dan 100% untuk uang Rp 20.000 [5]. Alat deteksi nominal uang juga pernah dilakukan memanfaatkan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) [6]. Selain itu, penelitian mengklasifikasi nominal uang kertas pernah dilakukan dengan memanfaatkan salah satu algoritma *neural network* [7].

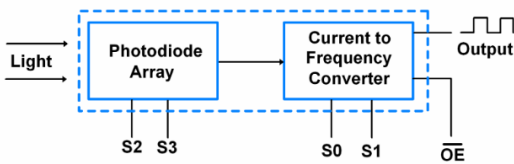
Berdasarkan penelitian terdahulu, penulis bermaksud membuat alat pendeteksi nominal uang kertas bagi penyandang Tunanetra dengan memanfaatkan sensor TCS3200. Alat ini memanfaatkan perbedaan warna pada uang kertas untuk mempermudah pembacaan sejumlah nominal uang. Dari data pembacaan sensor yang didapatkan, selanjutnya akan diolah dengan menggunakan metode *neural network*. Hasil pengenalan yang didapatkan dari metode *neural network* akan diteruskan menjadi *output* suara, sehingga memudahkan Tunanetra untuk mengetahui nominal uang kertas tersebut.

II. TEORI

A. TCS 3200

IC pengubah warna cahaya ke nilai frekuensi adalah TCS3200. Sensor TCS3200 merupakan rangkaian *photodiode* yang disusun secara matrik array 8x8, di mana 16 buah *photodiode* sebagai *filter* merah, 16 buah *photodiode* sebagai

filter biru, 16 buah *photodiode* sebagai filter hijau dan 16 buah *photodiode* sebagai filter tanpa warna. Pada Gambar 1 terlihat bahwa sensor TCS3200 memiliki dua selektor yaitu S2 dan S3 yang berfungsi untuk memilih konfigurasi filter warna *photodiode* yang akan digunakan.



Gambar 1. Blok Diagram Sensor TCS3200 [8]

Filtering dari setiap warna dasar dilakukan secara bertahap untuk mendapatkan nilai frekuensi, serta diperlukan sebuah pengaturan atau pemrograman untuk melakukan *filtering* tiap-tiap warna tersebut [8]. Konfigurasi selektor S2 dan S3 dapat dilihat pada Tabel I:

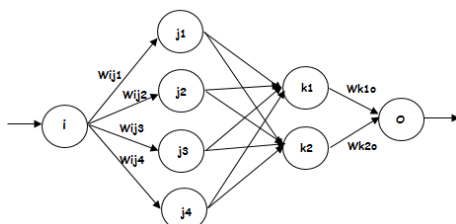
TABEL I.
KONFIGURASI S2 DAN S3 UNTUK FILTER WARNA SENSOR TCS3200 [8]

S2	S3	Filter Warna
0	0	Merah
0	1	Biru
1	0	Clear
1	1	Hijau

Photodiode akan mengeluarkan arus yang besarnya sebanding dengan warna dasar cahaya yang diterimanya. Arus ini kemudian dikonversikan menjadi pulsa digital dengan frekuensi yang sebanding dengan besarnya arus. Skala frekuensi *output* ini dapat diatur dengan menggunakan kaki selektor S1 dan S0.

B. Neural Network

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau umumnya disebut *Neural Network* (NN) merupakan jaringan dari sekelompok *unity* pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan saraf manusia. NN merupakan sistem adaptif yang dapat mengubah strukturnya untuk memecahkan masalah berdasarkan informasi *eksternal* maupun *internal* yang mengalir melalui jaringan tersebut. Secara sederhana, NN adalah sebuah sistem pemodelan data statistik *non-linear*. NN dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara *input* dan *output* untuk menemukan pola-pola pada data [9]. Dalam memodelkan NN terdapat beberapa metode, diantaranya metode *back-propagation* untuk proses pembelajaran setiap data.



Gambar 2. Forward Multilayer

C. MicroSD Card Adapter Module

Modul *MicroSD Card Adapter* adalah modul pembaca kartu *microSD*, melalui sistem file dan SPI antarmuka *driver*, MCU untuk melengkapi sistem file membaca dan menulis kartu *microSD*. Pengguna *Arduino* langsung dapat menggunakan *Arduino IDE* yang dilengkapi dengan *SD-card* untuk inialisasi program.



Gambar 3. SD Card Adapter Module

Fitur *microSD Card Adapter Module* adalah sebagai berikut:

1. Mendukung *Micro SD Card* dan *Micro SDHC Card*.
2. Tegangan operasional pada 5 Volt atau 3.3 Volt.
3. Arus operasional yang digunakan yaitu 80mA.
4. Menggunakan antarmuka SPI (*Serial Pararel Interface*)

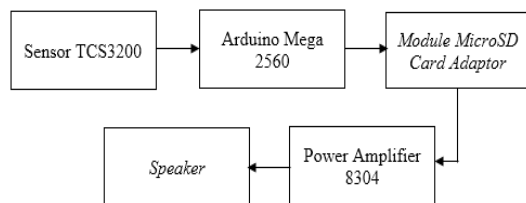
D. Speaker

Speaker merupakan perangkat keras *output* yang memiliki fungsi mengeluarkan suara dari pemrosesan CPU. *Speaker* disebut juga alat bantu untuk keluaran suara yang dihasilkan oleh perangkat musik seperti *MP3 player*, *DVD player* dan lain sebagainya [10]. *Speaker* memiliki fungsi sebagai alat untuk mengubah gelombang listrik yang awalnya dari perangkat penguat suara menjadi gelombang getaran yaitu berupa suara itu sendiri. Proses dari perubahan gelombang elektromagnet menuju ke gelombang bunyi tersebut bermula dari aliran listrik yang ada pada penguat suara, kemudian dialirkan ke dalam kumparan. Pada kumparan terjadilah pengaruh gaya magnet sesuai dengan kuat-lemahnya arus listrik, dan getaran yang dihasilkan akan mempengaruhi membran.

III. PERANCANGAN SISTEM

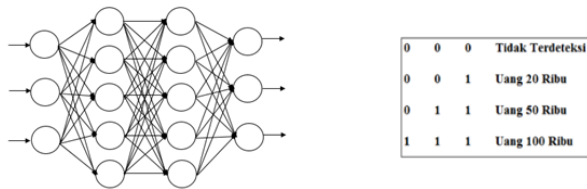
A. Perancangan Alat

Perancangan alat pendeteksi nominal uang terdiri dari beberapa blok sistem, dapat dilihat pada Gambar 4 yang dihubungkan menjadi satu sistem utuh. Pembagian blok dibagi menjadi blok sensor, blok pengolahan data, dan blok keluaran. Pada blok sensor, alat menggunakan sensor warna TCS3200. Pada blok pengolahan data menggunakan *arduino mega* yang sudah dipasang dengan modul pengolah suara. Pada bagian keluaran adalah sebuah *speaker* aktif yang akan mengeluarkan bunyi nilai nominal uang dari masing-masing uang kertas yang dideteksi.



Gambar 4. Blok Diagram Perancangan Alat

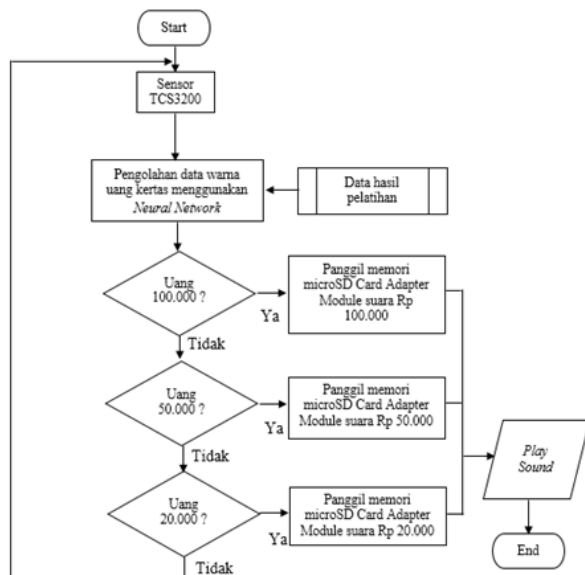
Pada perancangan sistem pengenalan untuk *neural network* menggunakan *input* sebanyak 3 buah untuk membaca maukan nilai dari *red*, *green* dan *blue*. Sedangkan untuk *hidden layer* menggunakan 2 *hidden layer*, dimana setiap *hidden layer* memiliki 5 *node*. Kemudian untuk *output* menggunakan 3 buah, yang telah diatur sesuai dengan keluaran yang diinginkan. Pada sistem minimum diberi program berbasis NN untuk mengenali nominal uang. Untuk arsitektur NN yang akan diimplementasikan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Arsitektur NN Multi-Perceptron

B. Diagram Alir Sistem

Untuk dapat mengetahui nominal suatu uang kertas, terdapat beberapa tahapan seperti dijelaskan pada diagram alir sistem pada Gambar 6. Pertama, dilakukan pengambilan data uang kertas untuk NN pada PC dengan menggunakan sensor TCS3200 dan data yang didapat diubah menjadi dan di-*mapping* sesuai dengan *range* keluaran yang diinginkan. Setelah data didapat, maka data tersebut akan di-*learning* menggunakan NN untuk mendapatkan nilai bobot yang sesuai. Kemudian nilai bobot disimpan sebagai data pelatihan yang akan dimasukkan ke mikrokontroler



Gambar 6. Diagram Alir Sistem

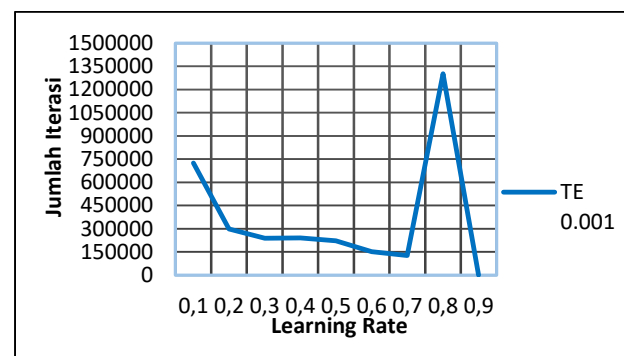
Selanjutnya dilakukan pengujian dari hasil *learning* di PC dengan menggunakan mikrokontroler. Data pelatihan tersebut merupakan data yang akan dimasukkan kedalam mikrokontroler sebagai data *input*. Pendeteksi nominal uang kertas dimana sensor TCS3200 akan mendapatkan data dari pancaran cahaya yang diterima photodiode ke uang kertas. Setelah data dari uang kertas terdeteksi maka, pada mikrokontroler akan diproses dengan mencocokkan nilai data uang kertas yang dideteksi dan nilai bobot yang didapat pada saat *learning* menggunakan PC. Jika proses pembacaan uang kertas sudah selesai maka, *output* mikrokontroler akan memanggil memori ke *microSD card adaptor* yang terhubung ke *speaker*. Kemudian, *speaker* akan mengeluarkan suara nominal uang telah dideteksi.

IV. HASIL DAN ANALISA

Pada pengujian menggunakan jumlah sampel data sebanyak 307 data merujuk pada lampiran, terdiri dari 100 data untuk uang Rp20.000, 100 data untuk uang Rp50.000, 100 data untuk uang Rp100.000 dan 7 data untuk kondisi normal. Terlihat perbandingan penggunaan nilai *learning rate* dengan jumlah iterasi.

TABEL II.
PENGUJIAN NILAI LEARNING RATE DAN JUMLAH ITERASI DENGAN TOLERANSI ERROR 0.001

No.	Jumlah Data	Learning Rate	Target Error	Iterasi	Keterangan
1	3	0.1	0.001	723906	Convergence
2		0.2		297790	Convergence
3		0.3		237925	Convergence
4		0.4		240688	Convergence
5		0.5		221654	Convergence
6		0.6		151658	Convergence
7		0.7		127098	Convergence
8		0.8		1302601	Convergence
9		0.9		~	Not Convergence



Gambar 7. Grafik Jumlah Iterasi Toleransi Error 0.001

Pada Gambar 7 terlihat prinsip nilai *learning rate* akan berbanding terbalik dengan jumlah iterasi yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai bobot. Semakin kecil nilai *learning rate*, maka semakin tinggi nilai iterasi yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai bobot yang diinginkan. Dapat dilihat pada saat *learning rate* bernilai 0.8, jumlah nilai iterasi tertinggi yang diperoleh sebesar 1302601 iterasi. Sedangkan pada saat

learning rate 0.7, jumlah nilai iterasi yang paling kecil yaitu 127098 iterasi.

TABEL III.
PENGUJIAN NILAI ALPHA TERHADAP NILAI RATA-RATA ERROR

Nilai Alpha	Jumlah Node						Rata-rata Error
	4	5	6	7	8	9	
0.1	0.000996	0.000996	0.000993	0.000997	0.000993	0.000997	0.0006970
0.2	0.000994	0.000987	0.000962	0.000982	0.000988	0.000991	0.0009926
0.3	0.0009825	0.0009926	0.0009941	0.0009898	0.0009941	0.0009987	0.0009920
0.4	0.0005611	0.0009667	0.0009605	0.0009812	0.0009957	0.0009816	0.0009078
0.5	0.0008828	0.0009691	0.0009967	0.0009785	0.0009536	0.0009477	0.0009547
0.6	0.0001922	0.0008389	0.0009775	0.0009248	0.0003370	0.0009854	0.0007093
0.7	0.0003069	0.0009727	0.0005369	0.0002272	0.0003458	0.0000980	0.0004146
0.8	0.0004199	0.0000056	0.0004306	0.0000115	0.0000678	0.0009796	0.0003192
0.9	-	-	0.0000031	0.0005202	0.0005770	0.0009414	0.0005104



Gambar 8. Grafik pengujian nilai α terhadap nilai rata-rata error

Sesuai dengan Gambar 8, dapat kita lihat bahwa data pengujian hubungan antara nilai α dan nilai rata-rata error berdasarkan percobaan banyaknya jumlah *node* untuk mendapatkan parameter nilai optimum pembelajaran pada suatu struktur jaringan syaraf tiruan. Nilai rata-rata error tertinggi yaitu 0.0009926 dengan nilai α 0.2, dan untuk rata-rata error terendah yaitu 0.0003192 dengan nilai α 0.8. Parameter nilai optimum pembelajaran didapatkan dari nilai α 0.8, terlihat bahwa jumlah *node* yang memiliki nilai error terendah yaitu saat masing-masing jumlah *hidden layer* 1 dan *hidden layer* 2 berjumlah 5 *node*. Kemudian parameter tersebut yang dipilih untuk pengujian selanjutnya, dikarenakan nilai *error*nya yang paling kecil.

TABEL IV.

PENGUJIAN TOLERANSI ERROR DAN KETEPATAN PEMBACAAN TERHADAP NOMINAL UANG KERTAS

Pengujian	LR	TE	Jumlah Node	Nominal	Banyaknya Uang	Keberhasilan
1	0.8	0.1	5	20.000	15 lembar	100%
				50.000	15 lembar	93%
				100.000	15 lembar	100%
2	0.8	0.01	5	20.000	15 lembar	100%
				50.000	15 lembar	93%
				100.000	15 lembar	100%
3	0.8	0.001	5	20.000	15 lembar	100%
				50.000	15 lembar	93%
				100.000	15 lembar	100%
4	0.8	0.0001	5	20.000	15 lembar	100%
				50.000	15 lembar	93%
				100.000	15 lembar	100%
5	0.8	0.00001	5	20.000	15 lembar	100%
				50.000	15 lembar	93%
				100.000	15 lembar	100%

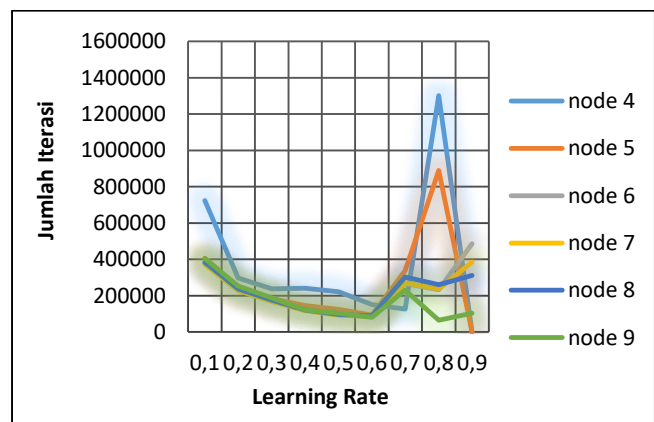
Pengujian keberhasilan pengenalan uang kertas dengan beberapa jenis pengujian telah dilakukan menggunakan 45 lembar uang kertas yaitu 15 lembar untuk uang Rp20.000, 15

lembar untuk uang Rp50.000 dan 15 lembar untuk uang Rp100.000. Tabel IV menunjukkan presentase keberhasilan program dalam mengidentifikasi nominal uang. Tingkat keberhasilan pengidentifikasian uang yang paling rendah yaitu untuk uang Rp 50.000, dimana tingkat keberhasilan pendeteksian hanya 93%. Keberhasilan pendeteksian uang Rp 50.000 ini dipengaruhi oleh ukuran uang yang lebih kecil dari akrilik pada bagian mekanik. Sedangkan untuk uang Rp 20.000 dan Rp 100.000 tingkat keberhasilannya sampai dengan 100%.

TABEL V.

PENGUJIAN JUMLAH ITERASI TERHADAP BANYAKNYA JUMLAH NODE DI HIDDEN LAYER 1 DAN HIDDEN LAYER 2

No.	LR	Jumlah Iterasi					
		Node 4	Node 5	Node 6	Node 7	Node 8	Node 9
1	0.1	723906	407389	379144	374233	383443	404319
2	0.2	297790	245600	229636	228715	237004	253582
3	0.3	237925	185428	170999	168850	175604	188191
4	0.4	240688	145518	121879	118502	121879	122186
5	0.5	221654	124642	94249	927714	96091	103766
6	0.6	151658	93942	84118	87188	89951	81662
7	0.7	127098	337393	268318	271388	303009	231170
8	0.8	1302601	889993	233320	235776	260029	64469
9	0.9	~	~	486288	385899	311298	103458



Gambar 9. Grafik pengujian jumlah iterasi terhadap banyaknya jumlah *node* di *hidden layer* 1 dan *hidden layer* 2

Gambar 9 merupakan grafik pengujian jumlah iterasi terhadap banyaknya jumlah *node* pada *hidden layer* 1 dan *hidden layer* 2. Dapat dilihat pada *learning rate* 0.8 nilai iterasi tertinggi diperoleh sebesar 1302601 iterasi, pada penggunaan jumlah *node* 5 buah. Sedangkan pada *learning rate* 0.8 nilai iterasi yang paling kecil yaitu 64469 iterasi pada penggunaan dengan jumlah *node* sebanyak 9 buah. Besar kecilnya nilai iterasi dipengaruhi oleh jumlah *node* dan besarnya *learning rate*. Apabila *learning rate* semakin besar dan jumlah *node* semakin sedikit, dapat mempengaruhi jumlah iterasi menjadi semakin besar bahkan menjadi tidak konvergen. Kondisi tidak konvergen terjadi pada *learning rate* 0.9 saat jumlah masing-masing *node* 4 dan 5.

V. KESIMPULASN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan analisa maka penerapan *neural network* pada data yang dikenal telah sesuai dengan keluaran yang diinginkan. Dari seluruh pengujian yang dilakukan, maka

dapat diambil beberapa kesimpulan. Parameter nilai optimum untuk pembelajaran dengan nilai *error* terkecil yaitu nilai *learning rate* 0.8 dan jumlah *node* masing-masing pada *hidden layer* 1 dan *hidden layer* 2 sebanyak 5 *node*. Penggunaan *neural network* menggunakan 2 *hidden layer* dengan toleransi *error* mulai dari 0.1 sampai dengan 0.00001 memiliki tingkat keberhasilan tertinggi sampai dengan 100% untuk uang Rp 20.000 dan Rp 100.000. Apabila dilihat dari tingkat keberhasilan, pada pengujian alat memiliki tingkat keberhasilan paling rendah sebesar 93% pada mata uang Rp 50.000, dengan jumlah uang kertas yang diuji sebanyak 15 lembar.

REFERENSI

- [1] detikFinance. (2010, Oktober) BI: Uang Kertas Sudah 'Ramah' untuk Tunanetra. [Online]. <https://finance.detik.com/moneter/d-1460982/bi-uang-kertas-sudah-ramah-untuk-tunanetra>
- [2] TribunNews Balikpapan. (2015, Maret) Penipu Kuras Uang dari ATM Penyandang Tunanetra Ini. [Online]. <https://www.tribunnews.com/regional/2015/03/10/penipu-kuras-uang-dari-atm-penyandang-tunanetra-ini>
- [3] Rico Afrido Simanjuntak. (2018, November) Pengalaman Sedih Tunanetra, Ditipu dengan Nominal Uang Tak Sesuai. [Online]. <https://nasional.sindonews.com/read/1355383/15/pengalaman-sedih-tunanetra-ditipu-dengan-nominal-uang-tak-sesuai-1542381589>
- [4] Hanny Hikmayanti Handayani and Omar Komarudin, "Penggunaan Algoritma Backpropagation Levenberg Marquardt dan Teknik Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Nominal Uang Kertas," *Jurnal Ilmiah Solusi*, vol. 1, no. 2, pp. 16-33, April-Juni 2014.
- [5] Dwi Aryo Porbadi, M. Rif'an, and Ponco Siwindarto, "Alat Deteksi Nominal Uang Kertas untuk Penyandang Tuna Netra," *Jurnal Mahasiswa TEUB*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [6] Indra Gunawan Saputra, Erwin Susanto, and Ramdhan Nugraha, "Implemntasi Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) pada Alat Deteksi Nominal Uang," *eProceedings of Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 65-70, April 2016.
- [7] Ridha Nur Izah, "Klasifikasi Nominal Uang Kertas Rupiah Tahun Emisi 2017 dengan Algoritma Convolutional Neural Network Menggunakan Maxnet," Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Tugas Akhir Sarjana 2018.
- [8] ElectronicWings. TCS3200 Colour Sensor Module. [Online]. <https://www.electronicwings.com/sensors-modules/tcs3200-colour-sensor-module>
- [9] Dyah Puspitaningrum, *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Yogyakarta, Indonesia: Penerbit Andi, 2006.
- [10] Alan Surya, Brigita Emiliani, and Ciptadi Sutiknyo, "Music Player dengan Menggunakan Sparkfun WTV020SD," Institut Sains Terapan dan Teknologi, Surabaya, Proyek Mikroprosessor II 2016.